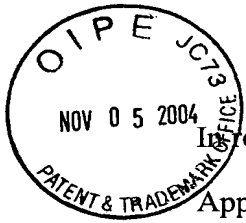


11-8-4

Express-Mail No.: EV 346 812 012 US

182



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor application of: Eric NEYRET et al.

Confirmation No.: 1763

Application No: 10/750,443

Group Art Unit: 1765

Filing Date: December 30, 2003

Examiner:

For: METHOD FOR REDUCING FREE SURFACE  
ROUGHNESS OF A SEMICONDUCTOR WAFER

Atty. Docket No.: 4717-8300

**SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Applicants have claimed priority of French application no. FR0108859 filed July 5, 2001, under 35 U.S.C. § 119. In support of this claim, a certified copy of said application is submitted herewith.

No fee or certification is believed to be due for this submission. Should any fees be required, however, please charge such fees to Winston & Strawn LLP Deposit Account No. 50-1814.

Respectfully submitted,

Date: 11/5/04

  
Allan A. Fanucci (Reg. No. 30,256)

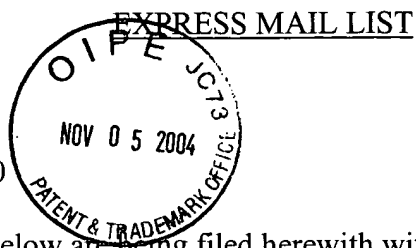
**WINSTON & STRAWN LLP**  
**CUSTOMER NO. 28765**  
(212) 294-3311

Enclosures

NY:863323.1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

To:  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450



The following items listed below are being filed herewith with the USPTO on **November 5, 2004**.

Express Mail No. <b>EV 346 812 012 US</b>			
Attorney Docket No.	Appln. Serial No./ Patent No.	Items - Documents filed on <b><u>November 5, 2004</u></b>	Patent Fees <sup>2</sup> , Acct. #50- 1814
4717-8300	10/750,443	Submission of Certified Priority Document French App. No. FR0108859	0

***Please acknowledge receipt of these items as received by returning  
the enclosed postcards with the date of receipt of November 5, 2004.***

NY:906514.2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 29 JUL. 2002

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Planche', is written over a horizontal line.

Martine PLANCHE

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30  
www.inpi.fr

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 130600

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>4 JUIL 2001</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0108859</b> DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>04 JUIL 2001</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  <b>Cabinet REGIMBEAU</b> <b>20, rue de Chazelles</b> <b>75847 PARIS CEDEX 17</b> <b>FRANCE</b>	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> <b>239273 D19620 JC</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b> Demande de brevet Demande de certificat d'utilité Demande divisionnaire <i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____ N° _____ Date ____/____/____ N° _____ Date ____/____/____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> Procédé de diminution de rugosité de surface			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</b>	
<b>5 DEMANDEUR</b> Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF Adresse _____ Rue _____ Code postal et ville _____ Pays _____ Nationalité _____ N° de téléphone (facultatif) _____ N° de télécopie (facultatif) _____ Adresse électronique (facultatif) _____		<input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</b> <b>S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES</b>  <b>SOCIETE ANONYME</b> <b>384711909</b> _____ <b>Parc Technologique des Fontaines - Chemin des Franques, 38190 BERNIN</b>  <b>FRANCE</b> <b>Française</b>	



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>4 JUIL 2001</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0108859</b>		Réservé à l'INPI	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		<b>239273 D19620 JC</b>	
<b>6 MANDATAIRE</b> Nom Prénom Cabinet ou Société  N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel  Adresse   Rue   Code postal et ville N° de téléphone <i>(facultatif)</i> N° de télécopie <i>(facultatif)</i> Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		<b>Cabinet REGIMBEAU</b>  <b>20, rue de Chazelles</b>  <b>75847 PARIS CEDEX 17</b>  <b>01 44 29 35 00</b> <b>01 44 29 35 99</b> <b>info@regimbeau.fr</b>	
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <b>Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée</b>	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		<b>Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)</b>	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		<b>Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>	



La présente invention concerne de manière générale le traitement de surface des matériaux, et particulièrement le traitement de substrats destinés à la fabrication de composants pour des applications en micro-électronique et/ou en opto-électronique.

5 Plus précisément, l'invention concerne un procédé de diminution de la rugosité de la surface libre d'une tranche de matériau semiconducteur, ledit procédé comprenant une étape de recuit afin de lisser ladite surface libre.

10 Par « surface libre », on entend la surface d'une tranche qui est exposée à l'environnement extérieur (par opposition à une surface d'interface qui est au contact de la surface d'une autre tranche ou d'un autre élément).

Et comme on le verra, l'invention pourra être mise en œuvre de manière particulièrement avantageuse – mais non limitative – en 15 combinaison avec un procédé de fabrication de films minces ou de couches de matériau semiconducteur du type décrit dans le brevet FR 2 681 472.

Un procédé reproduisant les enseignements du document cité ci-dessus est connu comme le procédé SMARTCUT®. Ses étapes principales sont schématiquement les suivantes :

- 20 • Une étape d'implantation d'atomes, sous une face d'un substrat de matériau semiconducteur (en particulier du silicium), dans une zone d'implantation du substrat,
- Une étape de mise en contact intime du substrat implanté avec un raidisseur, et
- 25 • Une étape de clivage du substrat implanté au niveau de la zone d'implantation, pour transférer la partie du substrat située entre la surface soumise à l'implantation et la zone d'implantation, sur le raidisseur et former ainsi un film mince, ou une couche, de semiconducteur sur celui-ci.

30 Par implantation d'atomes, on entend tout bombardement d'espèces atomiques ou ioniques, susceptible d'introduire ces espèces dans le matériau de la tranche avec un maximum de concentration des espèces

implantées situées à une profondeur déterminée de la tranche par rapport à la surface bombardée de manière à définir une zone de fragilisation.

La profondeur de la zone de fragilisation est fonction de la nature des espèces implantées, et de l'énergie qui leur est associée pour l'implantation.

On précise qu'on désigne dans ce texte par le terme générique de « tranche » le film ou la couche transférée par un tel procédé du type SMARTCUT®.

La tranche (qui est en matériau semiconducteur) peut ainsi être associée à un raidisseur, et éventuellement à d'autres couches intermédiaires.

Et ce terme de « tranche » recouvre également dans le présent texte toute tranche, couche ou film de matériau semiconducteur tel que le silicium, que la tranche ait été produite par un procédé du type SMARTCUT® ou non, l'objectif étant dans tous les cas de diminuer la rugosité de la surface libre de la tranche.

Pour les applications du type mentionnées au début de ce texte, les spécifications de rugosité associées à la surface libre des tranches sont en effet très sévères, et la qualité de la surface libre des tranches est un paramètre qui conditionne la qualité des composants qui seront réalisés sur la tranche.

Il est ainsi courant de trouver des spécifications de rugosité ne devant pas dépasser 5 Angströms en valeur rms (correspondant à l'acronyme anglo-saxon « root mean square »).

On précise que les mesures de rugosité sont généralement effectuées grâce à un microscope à force atomique (AFM selon l'acronyme qui correspond à l'appellation anglo-saxonne de Atomic Force Microscope).

Avec ce type d'appareil, la rugosité est mesurée sur des surfaces balayées par la pointe du microscope AFM, allant de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$  à  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$  et plus rarement  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ , voire  $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ .

La rugosité peut être caractérisée, en particulier, selon deux modalités.

Selon l'une de ces modalités, la rugosité est dite à hautes fréquences et correspond à des surfaces balayées de l'ordre de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ .

Selon l'autre de ces modalités, la rugosité est dite à basses fréquences et correspond à des surfaces balayées de l'ordre de  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ ,  
5 ou plus. La spécification de 5 Angströms donnée ci-dessus à titre indicatif est ainsi une rugosité correspondant à une surface balayée de  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ .

Et les tranches qui sont produites par les procédés connus (de type SMARTCUT® ou autre) présentent des rugosités de surface dont les valeurs sont supérieures à des spécifications de l'ordre de celles  
10 mentionnées ci-dessus, en l'absence de l'application à la surface de la tranche d'un traitement spécifique tel qu'un polissage.

Un premier type de procédé connu pour diminuer la rugosité de surface des tranches consiste à faire subir à la tranche un traitement thermique « classique » (oxydation sacrificielle par exemple).

15 Mais un traitement de ce type ne permet pas d'amener la rugosité des tranches au niveau des spécifications mentionnées ci-dessus.

Et si on peut certes imaginer de multiplier les étapes de tels traitements thermiques classiques, et/ou de les combiner avec d'autres types de procédé connus, en vue de réduire encore la rugosité, ceci  
20 conduirait à un procédé long et complexe.

Un deuxième type de procédé connu consiste à effectuer un polissage mécano-chimique de la surface libre de la tranche.

Ce type de procédé peut effectivement permettre de réduire la rugosité de la surface libre de la tranche.

25 Dans le cas où il existe un gradient de concentration de défauts croissant en direction de la surface libre de la tranche, ce deuxième type de procédé connu peut en outre permettre d'abraser ladite tranche jusqu'à une zone présentant une concentration de défauts acceptable.

Cependant, ce deuxième type de procédé connu présente  
30 l'inconvénient de compromettre l'uniformité de la surface libre de la tranche.

Et cet inconvénient est accru dans le cas où on procède à un polissage important de la surface de la tranche, ce qui serait le cas pour arriver à des rugosités telles que mentionnées ci-dessus.

Un troisième type de procédé consiste à faire subir à la tranche un  
5 recuit rapide sous atmosphère contrôlée, selon un mode dit RTA (correspondant à l'acronyme de l'expression anglo-saxonne Rapid Thermal Annealing).

Dans la suite de ce texte, on désignera ainsi indifféremment ce mode de recuit par l'acronyme RTA, ou par l'appellation francophone de "recuit  
10 thermique rapide".

Dans ce troisième type de procédé, on recuit la tranche à une température élevée, pouvant être de l'ordre de 1100°C à 1300°C, pendant 1 à 60 secondes.

Selon une première variante de ce troisième type de procédé dont on  
15 trouvera un exemple dans le document US 6 171 965, on réalise un lissage de la surface libre de la tranche par le biais d'un recuit RTA de la tranche sous une atmosphère constituée d'un mélange comprenant généralement de l'hydrogène en combinaison avec des gaz réactifs (HCl, HF, HBr, SF<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub>, NF<sub>3</sub>, CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>,...).

20 Dans cette première variante du troisième type de procédé, l'agressivité du mélange qui constitue l'atmosphère de recuit permet de graver la surface libre de la tranche (par un phénomène de « etching » selon la terminologie anglo-saxonne), ce qui aboutit à une diminution de sa rugosité.

25 Cette première variante peut présenter des avantages.

Une limitation en est cependant que le mélange gazeux qui constitue l'atmosphère mise en œuvre dans un tel procédé est agressif, et des éléments autres que la surface libre de la tranche peuvent être exposés à son action (face de tranche ou de la structure dont elle est solidaire qui est  
30 opposée à ladite surface libre de la tranche, parois de la chambre de recuit).

Il peut ainsi être nécessaire de prendre des mesures supplémentaires pour protéger ces éléments, ce qui tend à complexifier encore le procédé.

Et l'agressivité du mélange mis en œuvre est éventuellement susceptible d'aggraver des défauts de la tranche, ce qui peut également nécessiter des traitements supplémentaires.

En outre, cette variante mettant en œuvre une atmosphère de recuit comprenant des gaz différents, dont certains sont réactifs, il est nécessaire de prévoir pour la mise en œuvre d'un tel procédé une installation pouvant être relativement complexe (acheminement des différents gaz, mesures de sécurité, ...).

Selon une deuxième variante de ce troisième type de procédé, on fait subir à la tranche un recuit RTA sous une atmosphère qui n'a pas pour fonction d'attaquer le matériau de la tranche.

Dans cette variante en effet, le lissage résulte non pas d'une gravure de la surface libre de la tranche, mais de la reconstruction de la surface de la tranche.

L'atmosphère de recuit est dans ce cas typiquement composée d'hydrogène mélangée à de l'argon ou de l'azote.

On trouvera dans la demande française 99 10667 au nom de la Demanderesse un exemple de cette deuxième variante du troisième type de procédé.

L'invention se propose d'apporter une amélioration aux procédés évoqués ci-dessus.

En effet, il serait avantageux de simplifier encore de tels procédés.

En outre, il serait également avantageux de réduire les éventuelles lignes de glissement (« slip lines » selon la terminologie anglo-saxonne) qui peuvent apparaître dans la structure cristallographique du matériau de la tranche, en particulier suite à un traitement thermique (tel que celui qui peut être appliqué à la tranche pour provoquer son clivage dans le cadre d'un procédé de type SMARTCUT®).

On sait en effet que de telles lignes de glissement peuvent résulter d'inhomogénéités de la chaleur reçue par différentes régions de la tranche (ceci étant plus particulièrement sensible dans le cas de fours présentant des points froids).

5 Par ailleurs, l'hydrogène utilisé dans les mises en œuvre connues de cette variante est un gaz relativement onéreux, alors qu'on cherche constamment à diminuer les coûts associés aux procédés de traitement des tranches.

Enfin, il serait particulièrement avantageux de pouvoir mettre en œuvre un procédé répondant aux objectifs mentionnés ci-dessus, en combinaison avec un procédé du type SMARTCUT®.

Le but de l'invention est de permettre de mettre en œuvre un procédé répondant à ces besoins.

Afin d'atteindre ce but l'invention propose selon un premier aspect un  
15 procédé de diminution de la rugosité de la surface libre d'une tranche de matériau semiconducteur, ledit procédé comprenant une étape de recuit afin de lisser ladite surface libre, caractérisé en ce que le procédé comporte une étape de recuit thermique rapide sous une atmosphère composée exclusivement d'argon pur.

20 Des aspects préférés, mais non limitatifs du procédé selon l'invention sont les suivants :

- le procédé comprend également les étapes préalables suivantes :
  - ✓ Une étape d'implantation d'atomes, sous une face d'un substrat à partir duquel la tranche doit être réalisée, dans une zone  
25 d'implantation du substrat,
  - ✓ Une étape de mise en contact intime du substrat implanté avec un raidisseur, et
  - ✓ Une étape de clivage du substrat implanté au niveau de la zone  
30 d'implantation, pour constituer la tranche avec la partie du substrat située entre la surface soumise à l'implantation et la zone d'implantation, et transférer ladite tranche sur le raidisseur,

- le recuit thermique rapide est effectué avec un palier de température dans une gamme comprise entre 1100 et 1250 °C, pendant 5 à 30 secondes,
- l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur est suivie d'une étape de polissage,
- on fait suivre l'étape de polissage par une étape d'oxydation sacrificielle,
- on réalise la succession des étapes suivantes :
  - ✓ oxydation sacrificielle,
  - ✓ recuit thermique rapide sous argon pur,
  - ✓ polissage,
  - ✓ oxydation sacrificielle.
- on fait suivre l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur par les étapes suivantes :
  - ✓ oxydation sacrificielle,
  - ✓ polissage,
  - ✓ oxydation sacrificielle.
- on réalise la succession des étapes suivantes :
  - ✓ recuit thermique rapide sous argon pur,
  - ✓ polissage,
  - ✓ recuit thermique rapide sous argon pur.
- on fait précéder l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur par une étape d'oxydation sacrificielle,
- on fait suivre l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur par une étape d'oxydation sacrificielle,
- on fait précéder l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur par une étape d'oxydation sacrificielle, et on fait suivre ladite étape de recuit thermique rapide sous argon pur par une étape supplémentaire d'oxydation sacrificielle.

L'invention propose selon un deuxième aspect une structure SOI obtenue par un tel procédé.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description suivante de formes préférées de réalisation de l'invention, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation générale et schématique en coupe longitudinale d'une chambre de recuit permettant de mettre en œuvre l'invention,
- la figure 2 est un graphe illustrant la diminution de rugosité obtenue par la mise en œuvre de l'invention sur une tranche de silicium.

En référence tout d'abord à la figure 1, on a représenté schématiquement un exemple non limitatif de chambre de recuit 1 permettant de mettre en œuvre l'invention.

Cette chambre est destinée à la mise en œuvre d'une étape de recuit sous atmosphère d'argon pure selon le mode opératoire RTA.

Cette chambre 1 comporte une enceinte 2, un réacteur 4, un plateau porte substrat 6, deux réseaux de lampes halogènes 8, 10 et deux paires de lampes latérales.

L'enceinte 2 comporte en particulier une paroi inférieure 12, une paroi supérieure 14 et deux parois latérales 16, 18, situées respectivement aux extrémités longitudinales de l'enceinte 2. L'une des parois latérales 16, 18 comporte une porte 20.

Le réacteur 4 est constitué d'un tube de quartz s'étendant longitudinalement entre les deux parois latérales 16, 18. Il est muni au niveau de chacune de ces parois latérales 16, 18, respectivement d'une entrée de gaz 21 et d'une sortie de gaz 22. La sortie de gaz 22 est située du côté de la paroi latérale 18 comportant la porte 20.

Chaque réseau de lampes halogènes 8, 10 est situé respectivement au-dessus et en dessous du réacteur 4, entre celui-ci et les parois inférieure 12 et supérieure 14.

Chaque réseau de lampes halogènes 8, 10 comporte 17 lampes 26 disposées perpendiculairement à l'axe longitudinal du réacteur 4.

Les deux paires de lampes latérales (non représentées sur la figure 1) sont situées parallèlement à l'axe longitudinal du réacteur 4, chacune



d'un côté de celui-ci, globalement aux extrémités longitudinales des lampes 26 des réseaux de lampes halogènes 8, 10.

Le plateau porte-substrat 6 coulisse dans le réacteur 4. Il supporte une tranche 50 destinée à subir l'étape de recuit sous atmosphère  
5 hydrogénée 100 et permet de les rentrer ou de les sortir de la chambre 1. Une chambre 1 de ce type est commercialisée par STEAG<sup>®</sup>, sous le nom «SHS AST 2800».

On précise que la « tranche » 50 peut être, de manière générale, tout type de structure monocouche ou multicouche comportant une couche  
10 superficielle d'un matériau semiconducteur (tel que le silicium, de manière préférée mais non limitative).

On rappelle en effet qu'un but de l'invention est de permettre de diminuer la rugosité de la surface libre d'une telle couche superficielle.

L'invention peut en effet être mis en œuvre pour diminuer la rugosité  
15 de la surface libre d'une tranche 50 n'ayant subi aucun traitement préalable mais également de tranches obtenues par des traitements spécifiques.

En particulier, les différentes variantes de l'invention s'appliquent de manière particulièrement avantageuse à la diminution de la rugosité des surfaces d'une structure SOI et/ou du substrat de matériau semiconducteur  
20 dont une telle structure est issue, en particulier par suite de l'application d'un procédé de type SMARTCUT<sup>®</sup>.

Ainsi, dans le cadre du procédé SMARTCUT<sup>®</sup> l'invention pourra être mise en œuvre avec profit pour diminuer la rugosité de l'une ou l'autre des deux surfaces de matériau semiconducteur qui sont issues du clivage de la  
25 zone de fragilisation réalisée lors de l'étape d'implantation, ou de ces deux surfaces.

Et les différentes variantes de mise en œuvre du procédé selon l'invention qui vont être décrites ci-dessous à titre d'exemple, sont appliquées au traitement de tranches 50 comportant une couche utile de  
30 matériau semiconducteur 52 (réalisée par exemple en silicium), ladite couche ayant elle-même une surface libre 54.

La couche 52 est désignée comme « utile » car elle servira à la constitution des éléments électroniques, optiques ou opto-électroniques sur la tranche 50.

Comme mentionné ci-dessus la surface libre 54 peut être une surface de clivage obtenue par la mise en œuvre d'un procédé SMARTCUT®.

Dans le cas où la tranche 50 est un substrat SOI issu du procédé SMARTCUT®, la tranche 50 comporte sous la couche utile 52 une couche d'oxyde enterrée, qui recouvre elle-même un substrat support.

On précise que sur la figure 1, l'épaisseur de la tranche 50 a été exagérée pour faire apparaître la couche utile 52 et sa surface libre 54.

L'invention peut ainsi être mise en œuvre uniquement en effectuant une étape de recuit RTA de la tranche 50, sous atmosphère d'argon pur.

L'étape de recuit sous argon pur comprend les étapes consistant à :

- disposer la tranche 50 dans la chambre 1, celle-ci étant froide au moment de l'introduction de la tranche,
- introduire dans la chambre, à une pression égale ou voisine de la pression atmosphérique, une atmosphère de recuit d'argon pur. On précise que la pression peut également être fixée à une valeur plus basse, qui peut aller de quelques mTorr à la pression atmosphérique,
- faire croître, en allumant les lampes halogènes 26, la température dans la chambre 1, à une vitesse de l'ordre de 50°C par seconde, jusqu'à une température de traitement,
- maintenir la tranche 50 dans la chambre 1, pendant une durée de palier de chauffage,
- éteindre les lampes halogènes 26 et refroidir, par circulation d'air, la tranche 50, à une vitesse de plusieurs dizaines de degrés centigrades par seconde et variant selon toute loi désirée.

A cet égard, il est particulièrement important que l'argon mis en œuvre soit le plus pur possible car la Demanderesse a constaté que la présence de faibles quantités d'éléments supplémentaires (tels que l'oxygène notamment) pouvaient conduire à une attaque du matériau de la

couche utile (formation de  $\text{SiO}_2$  très volatile dans le cas d'une couche superficielle en silicium exposée à une atmosphère de recuit comportant une faible quantité d'oxygène, par exemple).

Et la Demanderesse a constaté qu'une telle étape de recuit sous  
5 atmosphère d'argon pur permettait de diminuer de manière sensible la rugosité de la surface libre 54.

Les résultats obtenus étaient en particulier de bien meilleure qualité que la diminution de rugosité qui peut être obtenue seulement par un traitement classique tel qu'un traitement thermique de type oxydation  
10 sacrificielle.

Et l'uniformité de la couche utile est par ailleurs bien meilleure que si on avait soumis la tranche à une opération de polissage.

L'étape de recuit RTA sous argon pur peut par exemple comprendre un palier de chauffage d'une durée de 5 à 30 secondes, à une température  
15 de traitement comprise entre 1100 et 1250°C.

La figure 2 illustre la diminution de rugosité par un tel procédé. Plus précisément cette figure expose le gain de « haze » obtenu suite à l'application d'un procédé selon l'invention tel que mentionné ci-dessus.

Sur cette figure, l'axe des abscisses permet de parcourir différentes  
20 tranches, le haze ayant été mesuré pour chacune de ces tranches avant l'application d'un recuit selon l'invention (mesure du haut), et après (mesure du bas).

Sur la figure 2, la courbe du haut correspond ainsi à un haze mesuré à la surface de structures SOI après clivage, et la courbe du bas aux  
25 mêmes mesures, effectuées après un recuit RTA sous argon par 1230°C avec un palier de chauffage de 30s.

On précise que le terme « haze » désigne le signal optique diffusé par la surface du substrat 50, en réponse à une excitation lumineuse. Ce haze est représentatif de la rugosité de surface.

30 Cette caractéristique qui est représentative de la rugosité de la surface du substrat est dans le cas présent mesurée par un équipement de

type KLA Tencor<sup>®</sup> ; modèle Surfscan 6220<sup>®</sup> : le haze mesuré ici est ainsi désigné par la référence « haze 6220 ».

On observe que la diminution de haze 6220 est d'un niveau comparable aux résultats que l'on peut obtenir par d'autres techniques de recuit RTA, par exemple des recuits RTA sous atmosphère composés d'un mélange d'hydrogène et d'argon.

Plus précisément, le gain de haze correspond à une division de haze par un facteur de l'ordre de 6 à 10.

Et de manière avantageuse, la mise en œuvre du procédé selon l'invention permet d'obtenir des résultats de ce haut niveau de qualité en s'affranchissant des limitations mentionnées ci-dessus à propos des recuits RTA connus.

En particulier, l'argon étant un excellent conducteur thermique, la mise en œuvre d'une atmosphère d'argon pur permet de distribuer la chaleur de la manière la plus homogène possible à l'intérieur de la chambre 1, et de réduire ainsi les lignes de glissement que l'on peut observer dans le cas de la mise en œuvre de ces procédés connus.

Comme on l'a dit, l'invention peut être mise en œuvre seulement par l'étape de recuit RTA sous argon pur : cette étape permet d'obtenir une amélioration considérable de l'état de surface de la tranche 50.

Et cette amélioration est obtenue pratiquement sans retirer de matière à la tranche, mais au contraire par reconstruction de la surface 54 et lissage.

On va maintenant décrire ci-dessous plusieurs variantes de mise en œuvre de l'invention, qui impliquent outre l'étape de recuit RTA sous argon pur des étapes de traitement complémentaires.

Selon une première variante, on fait suivre l'étape de recuit RTA sous argon pur par une étape de polissage de la surface de la tranche 50.

Cette étape de polissage est réalisée par un polissage mécanochimique, connu en soi.

Elle permet de retirer la matière de la couche utile 52 qui est située à proximité de la surface libre 54 et qui peut encore comporter des défauts superficiels.

Selon une deuxième variante, on fait suivre l'étape de recuit RTA sous argon pur non seulement par une étape de polissage, mais en outre ensuite par une étape supplémentaire d'oxydation sacrificielle combinée à un traitement thermique.

L'étape d'oxydation sacrificielle est destinée à retirer les défauts restant éventuellement après l'étape de polissage. Dans le cas de la mise en œuvre de l'invention après un procédé SMARTCUT<sup>®</sup>, les défauts peuvent être liés aux étapes d'implantation ou de clivage.

L'étape d'oxydation sacrificielle se décompose en une étape d'oxydation et une étape de désoxydation.

Le traitement thermique est intercalé entre l'étape d'oxydation et l'étape de désoxydation.

L'étape d'oxydation est préférentiellement réalisée à une température comprise entre 700°C et 1100°C.

L'étape d'oxydation peut être réalisée par voie sèche ou par voie humide.

Par voie sèche, l'étape d'oxydation est, par exemple, menée en chauffant la tranche 50 sous oxygène gazeux.

Par voie humide, l'étape d'oxydation est, par exemple, menée en chauffant la tranche 50 dans une atmosphère chargée en vapeur d'eau.

Par voie sèche ou par voie humide, selon les procédés classiques connus de l'homme du métier, l'atmosphère d'oxydation peut aussi être chargée en acide chlorhydrique.

L'étape d'oxydation aboutit à la formation d'un oxyde 60 qui recouvre la surface 54 de la couche utile 52.

L'étape de traitement thermique est réalisée par toute opération thermique destinée à améliorer les qualités du matériau constitutif de la couche utile 52.

Ce traitement thermique peut être effectué à température constante ou à température variable.

Dans ce dernier cas, le traitement thermique est réalisé, par exemple, avec une augmentation progressive de la température entre deux valeurs, ou avec une oscillation cyclique entre deux valeurs, etc.

Préférentiellement, l'étape de traitement thermique est effectuée au moins en partie à une température supérieure à 1000°C, et plus particulièrement vers 1100-1200°C.

Ce traitement thermique est de préférence effectué sous une atmosphère non oxydante, qui peut comprendre de l'argon, de l'azote, de l'hydrogène, etc., ou encore un mélange de ces gaz. Le traitement thermique peut également être réalisé sous vide.

Préférentiellement aussi, l'étape d'oxydation est réalisée avant l'étape de traitement thermique.

De cette manière, l'oxyde 60 protège le reste de la couche utile pendant le traitement thermique et évite le phénomène de piquage.

Le phénomène de piquage est bien connu de l'homme du métier qui le nomme aussi « pitting ». Il se produit à la surface de certains semi-conducteurs lorsque ceux-ci sont recuits sous atmosphère non oxydante, telle que l'azote, l'argon, sous vide, etc. Il se produit dans le cas du silicium en particulier lorsque celui-ci est à nu, c'est-à-dire lorsqu'il n'est pas du tout recouvert d'oxyde.

Selon une variante avantageuse, l'étape d'oxydation débute avec le début de la montée en température du traitement thermique et se termine avant la fin de ce dernier.

Le traitement thermique permet de guérir au moins en partie, les défauts générés au cours des étapes précédentes du procédé de fabrication et de traitement de la tranche 50.

Plus particulièrement, le traitement thermique peut être effectué pendant une durée et à une température telles que l'on réalise par celui-ci une guérison de défauts cristallins, tels que des fautes d'empilement, des

défauts « HF », etc., engendrés dans la couche utile 52, au cours de l'étape d'oxydation.

On appelle défaut « HF », un défaut dont la présence est relevée par une auréole de décoration dans l'oxyde enterré qui est situé sous la couche utile 52 (cas où la tranche 50 est un SOI issu d'un procédé SMARTCUT®), après traitement de la tranche dans un bain d'acide fluorhydrique.

Le traitement thermique présente en outre l'avantage de renforcer l'interface de collage, par exemple entre la couche transférée lors du transfert par le procédé SMARTCUT® et le substrat support.

10 L'étape de désoxydation est préférentiellement réalisée en solution.

Cette solution est par exemple une solution d'acide fluorhydrique à 10 ou 20%. Quelques minutes suffisent pour enlever mille à quelques milliers d'angströms d'oxyde 60, en plongeant la tranche 50 dans une telle solution.

15 Selon une troisième variante, on fait précéder les étapes de la deuxième variante décrite ci-dessus d'une étape supplémentaire d'oxydation sacrificielle de la surface de la tranche 50, cette étape d'oxydation sacrificielle (identique à celle décrite ci-dessus) étant de préférence combinée à un traitement thermique.

20 Les étapes de recuit RTA sous argon pur et de polissage mécano-chimique de cette variante sont identiques à celles décrites pour les autres variantes décrites ci-dessus.

Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle se décomposent, comme l'étape d'oxydation sacrificielle décrite ci-dessus, en 25 une étape d'oxydation et une étape de désoxydation.

Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle ainsi que les étapes de traitement thermique sont analogues à celles déjà décrites pour la deuxième variante décrite ci-dessus, du procédé conforme à la présente invention.

30 Selon une quatrième variante de l'invention, on fait suivre l'étape de recuit RTA sous argon pur par deux étapes d'oxydation sacrificielle de la surface libre de la tranche 50.

Ces étapes d'oxydation sacrificielles sont identiques à celles décrites ci-dessus et peuvent de préférence être combinées avec un traitement thermique comme décrit ci-dessus.

Dans cette variante, une étape supplémentaire de polissage mécano-chimique est intercalée entre les deux étapes d'oxydation sacrificielle.

Selon une cinquième variante de l'invention, on effectue sur la tranche 50 deux étapes de recuit RTA sous argon pur, en intercalant entre ces deux étapes une étape de polissage mécano-chimique.

Selon une sixième variante de l'invention, on effectue une étape d'oxydation sacrificielle de la surface de la tranche 50 (étape toujours identique à celles décrites ci-dessus, et de préférence combinée avec un traitement thermique), après quoi on fait subir à la tranche 50 un recuit RTA sous atmosphère d'argon pur.

Selon une septième variante de l'invention, on inverse l'ordre des deux étapes principales de la sixième variante, en réalisant le recuit RTA sous argon pur avant l'oxydation sacrificielle.

Selon une huitième variante de l'invention, on intercale entre deux étapes d'oxydation sacrificielle (toujours identiques à celles décrites ci-dessus, et de préférence combinées avec un traitement thermique) de la surface de la tranche 50, une étape de recuit RTA de la tranche sous argon pur.



### REVENDECATIONS

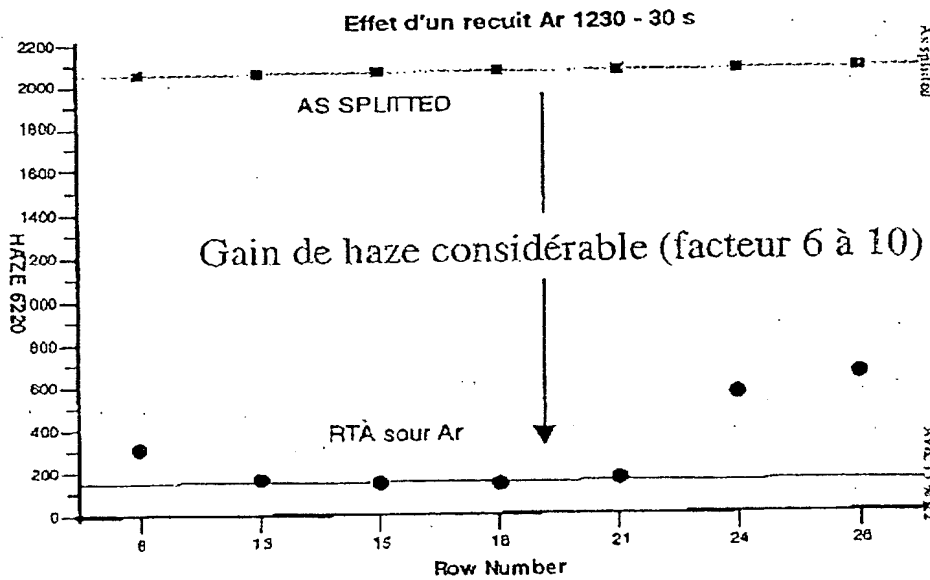
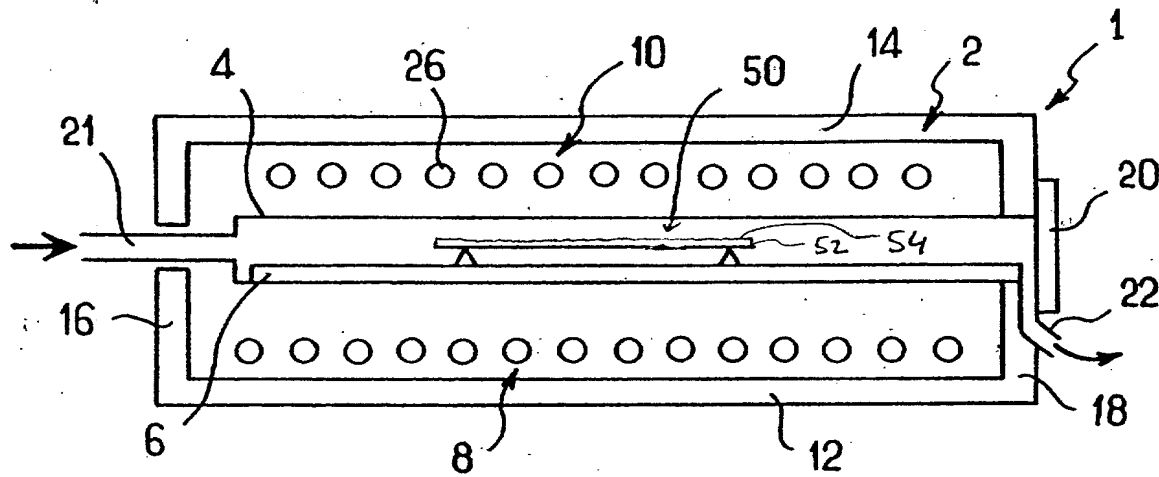
1. Procédé de diminution de la rugosité de la surface libre d'une tranche de matériau semiconducteur; ledit procédé comprenant une étape de recuit afin de lisser ladite surface libre, caractérisé en ce que le procédé comporte une étape de recuit thermique rapide sous une atmosphère composée exclusivement d'argon pur.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le procédé comprend également les étapes préalables suivantes :
  - Une étape d'implantation d'atomes, sous une face d'un substrat à partir duquel la tranche doit être réalisée, dans une zone d'implantation du substrat,
  - Une étape de mise en contact intime du substrat implanté avec un raidisseur, et
  - Une étape de clivage du substrat implanté au niveau de la zone d'implantation, pour constituer la tranche avec la partie du substrat située entre la surface soumise à l'implantation et la zone d'implantation, et transférer ladite tranche sur le raidisseur.
3. Procédé selon l'un des revendications précédentes, caractérisé en ce que le recuit thermique rapide est effectué avec un palier de température dans une gamme comprise entre 1100 et 1250 °C, pendant 5 à 30 secondes.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur est suivie d'une étape de polissage.
5. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on fait suivre l'étape de polissage par une étape d'oxydation sacrificielle.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on réalise la succession des étapes suivantes :
- oxydation sacrificielle,
- 5 • recuit thermique rapide sous argon pur,
- polissage,
  - oxydation sacrificielle.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on fait
- 10 suivre l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur par les étapes suivantes :
- oxydation sacrificielle,
  - polissage,
  - oxydation sacrificielle.
- 15 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on réalise la succession des étapes suivantes :
- recuit thermique rapide sous argon pur,
  - polissage,
- 20 • recuit thermique rapide sous argon pur.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on fait précéder l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur par une étape d'oxydation sacrificielle.
- 25 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on fait suivre l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur par une étape d'oxydation sacrificielle.
- 30 11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on fait précéder l'étape de recuit thermique rapide sous argon pur par une

étape d'oxydation sacrificielle, et on fait suivre ladite étape de recuit thermique rapide sous argon pur par une étape supplémentaire d'oxydation sacrificielle.

- 5 12. Structure SOI obtenue par un procédé selon l'une des revendications précédentes.

1/1



1 / 1

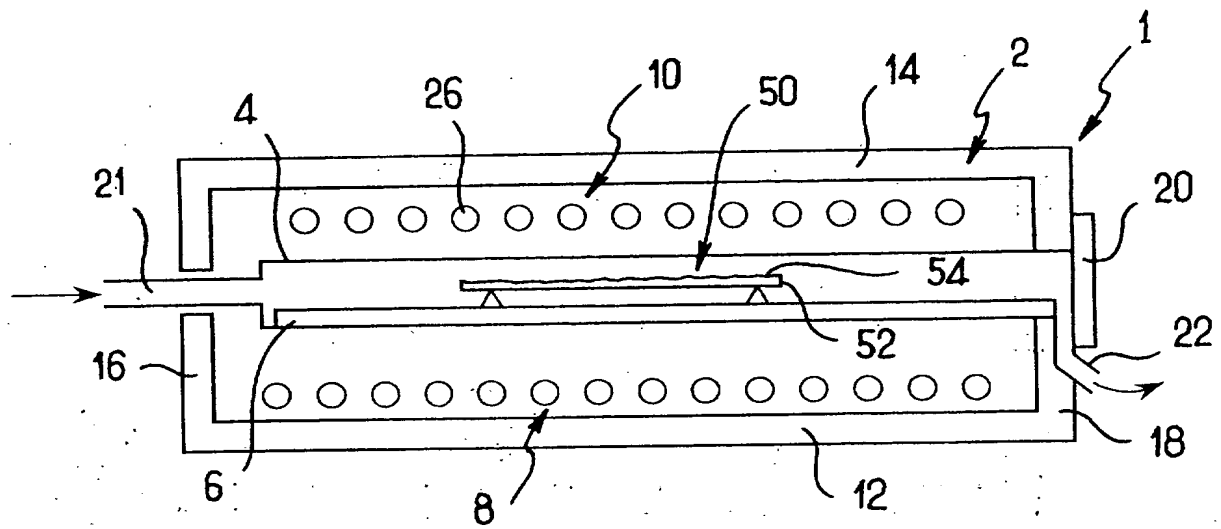


FIG.1

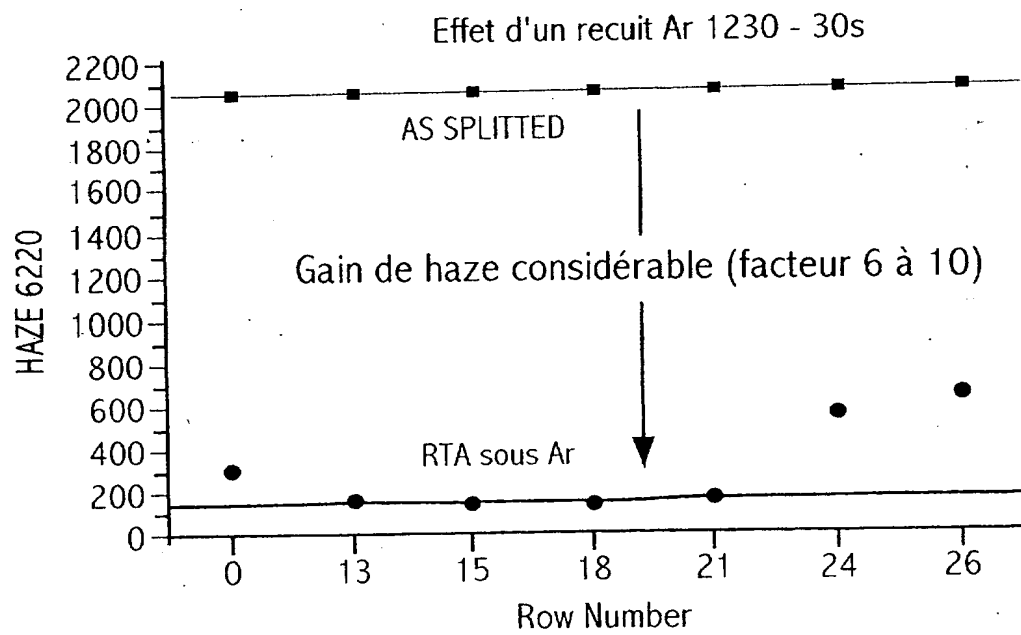


FIG.2

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		239273 D19620 JC	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0108859	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
Procédé de diminution de rugosité de surface			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES : Parc Technologique des Fontaines - Chemin des Franques, 38190 BERNIN - FRANCE			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		NEYRET Eric	
Prénoms			
Adresse	Rue	2, rue Lesdiguières	
	Code postal et ville	38360 SASSENAGE FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		ECARNOT Ludovic	
Prénoms			
Adresse	Rue	10 Lotissement le Nivelon	
	Code postal et ville	38760 VARCES FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)			